

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

BERICHTIGTE FASSUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
3. Juni 2004 (03.06.2004)

PCT

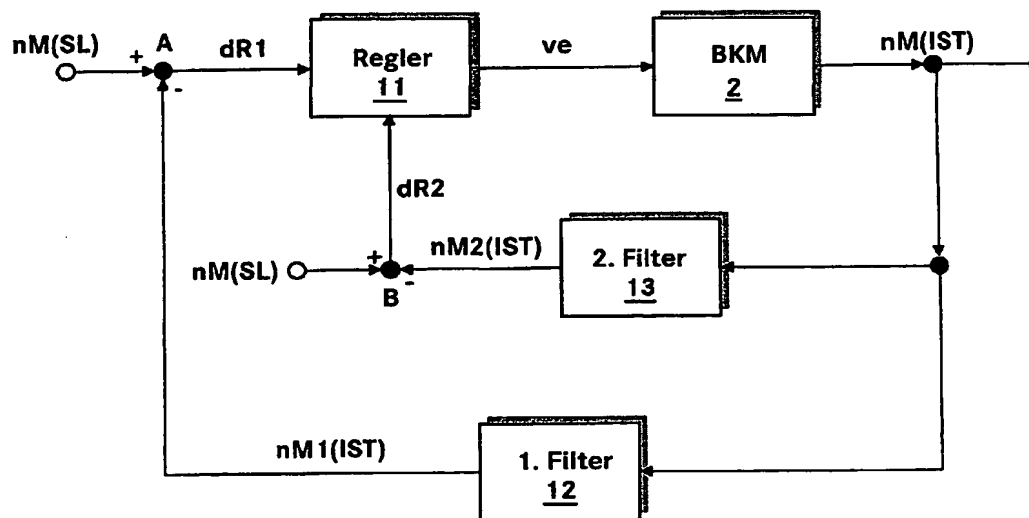
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2004/046527 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: F02D 31/00 (72) Erfinder; und  
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/012786 (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): DÖLKER, Armin  
(22) Internationales Anmeldedatum: 15. November 2003 (15.11.2003) [DE/DE]; Seestrassse West 34B, 88090 Immenstaad (DE).  
(25) Einreichungssprache: Deutsch (81) Bestimmungsstaat (national): US.  
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).  
(30) Angaben zur Priorität: 102 53 739.9 19. November 2002 (19.11.2002) DE Veröffentlicht: mit internationalem Recherchenbericht  
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): MTU FRIEDRICHSHAFEN GMBH [DE/DE]; Maybachplatz 1, 88045 Friedrichshafen (DE). (48) Datum der Veröffentlichung dieser berichtigten Fassung: 26. August 2004

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR REGULATING THE SPEED OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR DREHZAHL-REGELUNG EINER BRENNKRAFTMASCHINE



11 ...Regulator

(57) Abstract: The invention relates to a method for regulating the speed of an internal combustion engine (2). According to the invention, a second regulation difference (dR2) is calculated by means of a second filter (13) in the event of dynamic changes of state. In this way, in the event of dynamic changes of state, a speed regulator (11) defines a power-determining signal (ve) according to a first regulation difference (dR1) and the second regulation difference (dR2). The inventive method thus increases the dynamics of the control loop.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/046527 A1



**(15) Informationen zur Berichtigung:**

siehe PCT Gazette Nr. 35/2004 vom 26. August 2004,  
Section II

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

---

**(57) Zusammenfassung:** Zur Drehzahl-Regelung einer Brennkraftmaschine (2) sieht die Erfindung vor, dass bei dynamischen Zustandsänderungen mittels eines zweiten Filters (13) eine zweite Regelabweichung (dR2) berechnet wird. Bei dynamischen Zustandsänderungen bestimmt sodann ein Drehzahl-Regler (11) ein leistungsbestimmendes Signal (ve) in Abhängigkeit einer ersten Regelabweichung (dR1) und der zweiten Regelabweichung (dR2). Durch die Erfindung wird die Dynamik des Regelkreises erhöht.

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
3. Juni 2004 (03.06.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2004/046527 A1(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: F02D 31/00

(72) Erfinder; und

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/012786

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): DÖLKER, Armin  
[DE/DE]; Seestrassse West 34B, 88090 Immenstaad (DE).(22) Internationales Anmeldedatum:  
15. November 2003 (15.11.2003)(74) Anwalt: FRÖSCHL, Peter; MTU Friedrichshafen  
GmbH, Abt. ZJ-P, Maybachplatz 1, 88045 Friedrichshafen  
(DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(81) Bestimmungsstaat (national): US.

(30) Angaben zur Priorität:  
102 53 739.9 19. November 2002 (19.11.2002) DE(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,  
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,  
HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme  
von US): MTU FRIEDRICHSHAFEN GMBH [DE/DE];  
Maybachplatz 1, 88045 Friedrichshafen (DE).

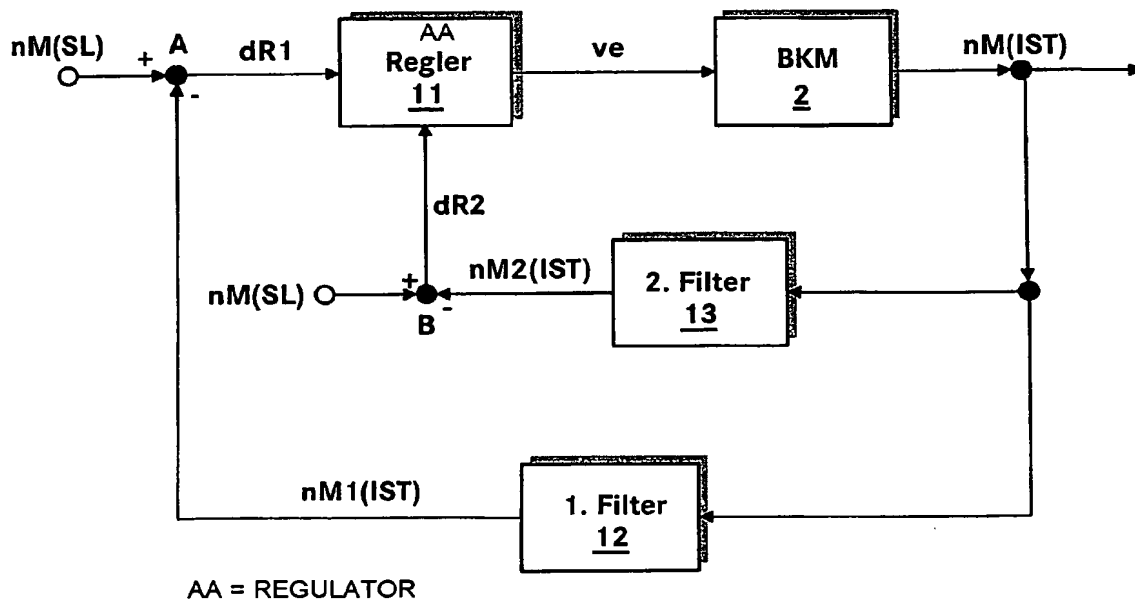
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR REGULATING THE SPEED OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR DREHZAHL-REGELUNG EINER BRENNKRAFTMASCHINE



(57) Abstract: The invention relates to a method for regulating the speed of an internal combustion engine (2). According to the invention, a second regulation difference ( $dR2$ ) is calculated by means of a second filter (13) in the event of dynamic changes of state. In this way, in the event of dynamic changes of state, a speed regulator (11) defines a power-determining signal ( $ve$ ) according to a first regulation difference ( $dR1$ ) and the second regulation difference ( $dR2$ ). The inventive method thus increases the dynamics of the control loop.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

---

**(57) Zusammenfassung:** Zur Drehzahl-Regelung einer Brennkraftmaschine (2) sieht die Erfindung vor, dass bei dynamischen Zustandsänderungen mittels eines zweiten Filters (13) eine zweite Regelabweichung (dR2) berechnet wird. Bei dynamischen Zustandsänderungen bestimmt sodann ein Drehzahl-Regler (11) ein leistungsbestimmendes Signal (ve) in Abhängigkeit einer ersten Regelabweichung (dR1) und der zweiten Regelabweichung (dR2). Durch die Erfindung wird die Dynamik des Regelkreises erhöht.

Verfahren zur Drehzahl-Regelung einer Brennkraftmaschine

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Drehzahl-Regelung einer Brennkraftmaschine nach dem Oberbegriff von Anspruch 1.

Die Drehzahl einer Antriebseinheit wird typischerweise auf eine Leerlauf- und Enddrehzahl geregelt. Unter Antriebsein-  
10 heit ist sowohl eine Brennkraftmaschinen-Getriebeeinheit als auch eine Brennkraftmaschinen-Generatoreinheit zu verstehen. Zur Drehzahl-Regelung wird die Drehzahl der Kurbelwelle als Regelgröße erfasst und mit einem Motordrehzahl-Sollwert, der Führungsgröße, verglichen. Die daraus resultierende Regelab-  
15 weichung wird über einen Drehzahl-Regler in eine Stellgröße für die Brennkraftmaschine, beispielsweise eine Einspritzmenge, gewandelt. Bei einem derartigen Regelkreis besteht ein Problem darin, dass Drehschwingungen, die der Regelgröße überlagert sind, vom Drehzahl-Regler verstärkt werden können.  
20 Dies kann zu einer Instabilität des Regelkreises führen.

Dem Problem der Instabilität wird durch ein Drehzahl-Filter im Rückkopplungsweig des Drehzahl-Regelkreises begegnet. Aus der EP 0 059 585 B1 ist ein derartiges Drehzahl-Filter be-  
25 kannt. Bei diesem werden die Zahnzeiten einer Welle über ein Arbeitsspiel der Brennkraftmaschine erfasst. Unter Arbeitsspiel sind zwei Umdrehungen der Kurbelwelle, entsprechend 720 Grad, zu verstehen. Aus diesen Zahnzeiten wird danach über arithmetische Mittelwertbildung eine gefilterte Zahnzeit be-  
30 rechnet. Aktualisiert wird diese nach jedem Arbeitsspiel.

Diese gefilterte Zahnzeit entspricht dem gefilterten Ist-Drehzahlwert, welcher sodann zur Regelung der Brennkraftmaschine verwendet wird.

- 5 Ein Drehzahl-Regelkreis zur Regelung einer Antriebseinheit mit einem derartigen Drehzahl-Filter im Rückkopplungszweig ist beispielsweise aus der DE 199 53 767 C2 bekannt.

10 Problematisch bei einem Zwei-Umdrehungs-Filter im Rückkopplungszweig ist jedoch, dass ein stabiles Verhalten der Antriebseinheit mit einer Verschlechterung des Lastannahme-Verhaltens einhergeht.

15 Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde einen Drehzahl-Regelkreis in Bezug auf das Lastannahme-Verhalten zu optimieren.

20 Die Aufgabe wird durch die Merkmale von Anspruch 1 gelöst. Die Ausgestaltungen hierzu sind in den Unteransprüchen dargestellt.

Die Erfindung sieht vor, dass aus der Ist-Drehzahl der Brennkraftmaschine mittels eines zweiten Filters eine zweite gefilterte Ist-Drehzahl berechnet wird, aus welcher danach eine  
25 zweite Regelabweichung berechnet wird. Bei einer dynamischen Zustandsänderung berechnet der Drehzahl-Regler ein leistungsbestimmendes Signal, beispielsweise eine Einspritzmenge, aus der ersten und der zweiten Regelabweichung. Hierbei wird das leistungsbestimmende Signal bei einer dynamischen Zustandsänderung maßgeblich aus der zweiten Regelabweichung bestimmt.  
30

Eine dynamische Zustandsänderung liegt dann vor, wenn eine große Soll-Ist-Abweichung der Drehzahlen vorliegt, beispielsweise bei einer Lastauf- oder Lastabschaltung. Zur schnellen  
35 Erkennung dieses dynamischen Vorgangs ist das zweite Fil-

ter z. B. als Mittelwertfilter mit einem Filterwinkel von 90 Grad ausgeführt. Gegenüber dem Zwei-Umdrehungs-Filter liegt zu einem wesentlich früheren Zeitpunkt ein gefilterter Drehzahlwert vor, d. h. die dynamische Zustandsänderung wird  
5 schneller detektiert.

Die Erfindung bietet als Vorteil, dass Kupplungen mit niedriger Eigenfrequenz verwendet werden können. Da das zweite Filter eine reine Software-Lösung darstellt, kann es in eine bereits bestehende Motorsteuerungs-Software nachträglich integriert werden.  
10

Bei einer dynamischen Zustandsänderung ist vorgesehen, dass die zweite Regelabweichung auf einen P-Anteil (proportionalen Anteil) oder einen DT1-Anteil des Drehzahl-Reglers einwirkt.  
15 Hierzu sind entsprechende Kennlinien vorgesehen.

In den Zeichnungen sind die bevorzugten Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt. Es zeigen:

20

- Fig. 1 ein Systemschaubild;
- Fig. 2 einen Drehzahl-Regelkreis;
- Fig. 3 ein Blockschaltbild des Drehzahl-Reglers;
- Fig. 4 eine Kennlinie;
- 25 Fig. 5 ein Blockschaltbild des Drehzahl-Reglers (zweite Ausführung);
- Fig. 6 eine Kennlinie.

Die Figur 1 zeigt ein Systemschaubild des Gesamtsystems einer Antriebseinheit 1, beispielsweise einer Brennkraftmaschinen-Generatoreinheit. Diese bestehend aus einer Brennkraftmaschine 2 mit einer Motorlast 4. Die Brennkraftmaschine 2 treibt über eine Welle mit einem Übertragungsglied 3 die Motorlast 4 an. Bei der dargestellten Brennkraftmaschine  
30

2 wird der Kraftstoff über ein Common-Rail-System eingespritzt. Dieses umfasst folgende Komponenten: Pumpen 7 mit Saugdrossel zur Förderung des Kraftstoffs aus einem Kraftstofftank 6, ein Rail 8 zum Speichern des Kraftstoffs und Injektoren 10 zum Einspritzen des Kraftstoffs aus dem Rail 8 in die Brennräume der Brennkraftmaschine 2.

Die Betriebsweise der Brennkraftmaschine 2 wird durch ein elektronisches Steuergerät (EDC) 5 geregelt. Das elektronische Steuergerät 5 beinhaltet die üblichen Bestandteile eines Mikrocomputersystems, beispielsweise einen Mikroprozessor, I/O-Bausteine, Puffer und Speicherbausteine (EEPROM, RAM). In den Speicherbausteinen sind die für den Betrieb der Brennkraftmaschine 2 relevanten Betriebsdaten in Kennfeldern/Kennlinien appliziert. Über diese berechnet das elektronische Steuergerät 5 aus den Eingangsgrößen die Ausgangsgrößen. In Figur 1 sind exemplarisch folgende Eingangsgrößen dargestellt: ein Raildruck pCR, der mittels eines Rail-Drucksensors 9 gemessen wird, ein Ist-Drehzahl-Signal nM(IST) der Brennkraftmaschine 2, eine Eingangsgröße E und ein Signal FP zur Leistungswunsch-Vorgabe durch den Betreiber. Bei einer Fahrzeug-Anwendung entspricht dies der Fahrpedalstellung. Unter der Eingangsgröße E sind beispielsweise der Ladeluftdruck eines Turboladers und die Temperaturen der Kühl-/Schmiermittel und des Kraftstoffs subsumiert.

In Figur 1 sind als Ausgangsgrößen des elektronischen Steuergeräts 5 ein Signal ADV zur Steuerung der Pumpen 7 mit Saugdrossel und eine Ausgangsgröße A dargestellt. Die Ausgangsgröße A steht stellvertretend für die weiteren Stellsignale zur Steuerung und Regelung der Brennkraftmaschine 2, beispielsweise den Einspritzbeginn SB und ein leistungsbestimmendes Signal ve, entsprechend der Einspritzmenge.



In Figur 2 ist ein Blockschaltbild des Drehzahl-Regelkreises dargestellt. Die Eingangsgröße des Drehzahl-Regelkreises ist eine Soll-Drehzahl  $n_M(SL)$ . Die Ausgangsgröße des Drehzahl-Regelkreises ist die ungefilterte Ist-Drehzahl  $n_M(IST)$ . In  
5 einem ersten Rückkopplungszweig ist ein erstes Filter 12 zur Berechnung der ersten Ist-Drehzahl  $n_{M1}(IST)$  aus der aktuellen ungefilterten Ist-Drehzahl  $n_M(IST)$  vorgesehen. Das erste Filter 12 ist üblicherweise als ein Zwei-Umdrehungs-Filter ausgeführt, d. h. es mittelt die Ist-Drehzahl  $n_M(IST)$  über  
10 ein Arbeitsspiel entsprechend 720 Grad der Kurbelwelle. In einem zweiten Rückkopplungszweig ist ein zweites Filter 13 zur Berechnung einer zweiten Ist-Drehzahl  $n_{M2}(IST)$  aus der aktuellen ungefilterten Ist-Drehzahl  $n_M(IST)$  vorgesehen. Das  
zweite Filter 13 ist z. B. als ein Mittelwertfilter mit ei-  
15 nem Filterwinkel von 90 Grad Kurbelwellen-Winkel verwirklicht. Das zweite Filter 13 besitzt somit eine wesentlich größere Dynamik als das erste Filter 12.

An einer ersten Vergleichsstelle A wird eine erste Regelabweichung  $dR1$  berechnet. Diese bestimmt sich aus der Soll-Drehzahl  $n_M(SL)$  und der ersten Ist-Drehzahl  $n_{M1}(IST)$ . Die  
20 erste Regelabweichung  $dR1$  ist die Eingangsgröße des Drehzahl-Reglers 11. An einer zweiten Vergleichsstelle B wird eine zweite Regelabweichung  $dR2$  berechnet. Diese bestimmt  
sich aus der Soll-Drehzahl  $n_M(SL)$  und der zweiten Ist-Drehzahl  $n_{M2}(IST)$ . Die zweite Regelabweichung  $dR2$  ist ebenfalls auf den Drehzahl-Regler 11 geführt. Die innere Struktur des Drehzahl-Reglers 11 wird in Verbindung mit der Beschreibung der Figuren 3 bzw. 5 erläutert. Aus den Eingangs-  
25 größen bestimmt der Drehzahl-Regler 11 eine Stellgröße. In  
30 Figur 2 ist diese Stellgröße als ein leistungsbestimmendes Signal  $ve$  bezeichnet. Das leistungsbestimmende Signal  $ve$  stellt die Eingangsgröße dar für die Regelstrecke, hier die Brennkraftmaschine 2. Die Ausgangsgröße der Regelstrecke

entspricht der ungefilterten Ist-Drehzahl  $n_M(\text{IST})$ . Damit ist der Regelkreis geschlossen.

Die Erfindung ist in der Form ausgeführt, dass bei einem stationären Zustand der Antriebseinheit der Drehzahl-Regler 11 das leistungsbestimmende Signal  $v_e$  ausschließlich in Abhängigkeit der ersten Regelabweichung  $dR1$  berechnet. Bei einer dynamischen Zustandsänderung bestimmt der Drehzahl-Regler 11 das leistungsbestimmende Signal  $v_e$  in Abhängigkeit der ersten Regelabweichung  $dR1$  und der zweiten Regelabweichung  $dR2$ .

In Figur 3 ist die innere Struktur des Drehzahl-Reglers 11 in einer ersten Ausführungsform als Blockschaltbild dargestellt. Der Drehzahl-Regler 11 umfasst hierbei einen P-Anteil 15 zur Bestimmung eines proportionalen Anteils  $v_e(P)$  des leistungsbestimmenden Signals  $v_e$ , einen I-Anteil 16 zur Bestimmung eines integrierenden Anteils  $v_e(I)$  des leistungsbestimmenden Signals  $v_e$ , eine Kennlinie 14 und eine Summation 18. Die erste Regelabweichung  $dR1$  stellt die Eingangsgröße für den P-Anteil 15 und den I-Anteil 16 dar. Die zweite Regelabweichung  $dR2$  ist auf die Kennlinie 14 geführt. Die Ausgangsgröße der Kennlinie 14 entspricht einem Faktor  $kp2$ , welcher auf den P-Anteil 15 einwirkt. Eine weitere Eingangsgröße des P-Anteils ist ein Faktor  $kp1$ . Die Kennlinie 14 ist in Figur 4 dargestellt. Auf der Abszisse sind Werte der zweiten Regelabweichung  $dR2$  in positiver/negativer Richtung aufgetragen. Die Ordinate entspricht dem Faktor  $kp2$ . Auf der Abszisse sind ein erster Grenzwert  $GW1$  und zweiter Grenzwert  $GW2$  eingezeichnet. Bei sehr großen negativen Werten der zweiten Regelabweichung  $dR2$  wird der Faktor  $kp2$  auf einen Wert  $GW3$  begrenzt. Eine negative Regelabweichung liegt dann vor, wenn die zweite Ist-Drehzahl  $n_{M2}(\text{IST})$  größer als die Soll-Drehzahl  $n_M(\text{SL})$  wird. Bei positiven zweiten Regelabweichungen  $dR2$ , welche größer als der zweite Grenzwert  $GW2$  sind, wird der Faktor  $kp2$  auf den Wert  $GW4$  begrenzt. Im Bereich zwischen dem ersten Grenz-

wert GW1 und dem zweiten Grenzwert GW2 wird der Faktor kp2 auf den Wert Null gesetzt. Aus der Kennlinie 14 wird deutlich, dass bei einem stationären Zustand, d. h. die zweite Regelabweichung dR2 ist nahezu Null, der Faktor kp2 den Wert Null besitzt. Folglich wird der P-Anteil 15 des Drehzahl-Reglers 11 in diesem Fall ausschließlich aus der ersten Regelabweichung dR1 bestimmt. Bei dynamischen Zustandsänderungen, d. h. es liegt eine große negative oder positive zweite Regelabweichung dR2 vor, wirkt der Faktor kp2 auf den P-Anteil 15 des Drehzahl-Reglers 11 ein. Der P-Anteil des leistungsbestimmenden Signals wird nunmehr in Abhängigkeit der ersten Regelabweichung dR1 und den Faktoren kp1 und kp2 berechnet:

$$15 \quad ve(P) = dR1 \cdot (kp1 + kp2)$$

mit

|    |       |  |
|----|-------|--|
| 20 | ve(P) | Proportionaler Anteil des leistungsbestimmenden Signals ve |
|    | dR1   | erste Regelabweichung                                      |
|    | kp1   | erster Faktor  |
|    | kp2   | zweiter Faktor   |

25 Der Faktor kp1 kann hierbei entweder als Konstante vorgegeben werden oder in Abhängigkeit von der ersten Ist-Drehzahl nM1(IST) und/oder dem I-Anteil ve(I) berechnet werden.

30 Eine weitere Möglichkeit zur Berechnung des P-Anteils ve(P) ergibt sich, wenn die Regelabweichung dR2 direkt zur Berechnung des P-Anteils 15 verwendet wird:

$$ve(P) = dR1 \cdot kp1 + dR2 \cdot kp2$$

35 mit

- ve(P)      Proportionaler Anteil des leistungsbestimmenden Signals ve
- dR1        erste Regelabweichung
- dR2        zweite Regelabweichung
- 5    kp1        erster Faktor
- kp2        zweiter Faktor

Diese Ausführungsform ist in Figur 3 gestrichelt dargestellt. Über die Summation 18 werden der P- und I-Anteil summiert.

10 Die Summe entspricht dem leistungsbestimmenden Signal ve.

In Figur 5 ist eine zweite Ausführungsform der inneren Struktur des Drehzahl-Reglers 11 als Blockschaltbild dargestellt. Im Unterschied zur Figur 3 wird bei dieser Ausführungsform die zweite Regelabweichung dR2 auf den P-Anteil 15 und parallel auf einen DT1-Anteil 17 geführt. Über den DT1-Anteil 17 wird der DT1-Anteil  $ve(DT1)$  des leistungsbestimmenden Signals ve berechnet. Über die Summation 18 wird so dann das leistungsbestimmende Signal ve aus den Summanden

20 des P-, I- und DT1-Anteils berechnet. Der DT1-Anteil 17 wird mittels einer Kennlinie 19 berechnet. Diese ist in Figur 6 dargestellt. Auf der Abszisse ist hierbei die Zeit t aufgetragen. Die Ordinate entspricht dem DT1-Anteil  $ve(DT1)$  des leistungsbestimmenden Signals ve. Über die Kennlinie 19 wird

25 bei einer sprungförmigen Änderung der zweiten Regelabweichung dR2 dieser ein entsprechender Wert  $ve(DT1)$  zugewiesen. In das Diagramm sind zwei Grenzwerte GW1 und GW2 eingezeichnet. Der DT1-Anteil wird deaktiviert, wenn die zweite Regelabweichung dR2 kleiner dem ersten Grenzwert GW1 wird, d.

30 h. das Signal  $ve(DT1)$  besitzt dann eine Wertigkeit von Null. Der DT1-Anteil wird aktiviert, wenn die zweite Regelabweichung dR2 größer dem zweiten Grenzwert GW2 wird. Über den Grenzwert GW2 wird bewirkt, dass bei dynamischen Zustandsänderungen, also einer großen positiven oder negativen zweiten

35 Regelabweichung dR2, der DT1-Anteil in die Berechnung des leistungsbestimmenden Signals ve miteingeht. Bei stationären Zuständen, d. h. die zweite Regelabweichung dR2 ist nahezu

Null, bestimmt sich das leistungsbestimmende Signal  $v_e$  ausschließlich aus dem P- und I-Anteil.

5

10

15

20

25

30

35

**Bezugszeichen**

|    |    |                                |
|----|----|--------------------------------|
| 5  | 1  | Antriebseinheit                |
|    | 2  | Brennkraftmaschine             |
|    | 3  | Übertragungsglied              |
|    | 4  | Motorlast                      |
|    | 5  | Elektronisches Steuergerät EDC |
| 10 | 6  | Kraftstofftank                 |
|    | 7  | Pumpen                         |
|    | 8  | Rail                           |
|    | 9  | Rail-Drucksensor               |
|    | 10 | Injektoren                     |
| 15 | 11 | Drehzahl-Regler                |
|    | 12 | erstes Filter                  |
|    | 13 | zweites Filter                 |
|    | 14 | Kennlinie                      |
|    | 15 | P-Anteil (Proportional-Anteil) |
| 20 | 16 | I-Anteil (Integral-Anteil)     |
|    | 17 | DT1-Anteil                     |
|    | 18 | Summation                      |
|    | 19 | Kennlinie                      |

25

30

35

Patentansprüche

- 5 1. Verfahren zur Drehzahl-Regelung einer Brennkraftmaschine  
(2), bei dem aus einer Ist-Drehzahl ( $nM(IST)$ ) der Brenn-  
kraftmaschine (2) mittels eines ersten Filters (12) eine  
erste gefilterte Ist-Drehzahl ( $nM1(IST)$ ) berechnet wird,  
10 aus einer Soll-Drehzahl ( $nM(SL)$ ) der Brennkraftmaschine  
(2) und der ersten gefilterten Ist-Drehzahl ( $nM1(IST)$ )  
eine erste Regelabweichung ( $dR1$ ) berechnet wird und aus  
der ersten Regelabweichung ( $dR1$ ) mittels eines Drehzahl-  
Reglers (11) ein leistungsbestimmendes Signal ( $ve$ ) zur  
Drehzahl-Regelung der Brennkraftmaschine (2) bestimmt  
15 wird,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass aus der Ist-Drehzahl ( $nM(IST)$ ) der Brennkraftmaschi-  
ne (2) mittels eines zweiten Filters (13) eine zweite ge-  
filterte Ist-Drehzahl ( $nM2(IST)$ ) berechnet wird, aus der  
20 Soll-Drehzahl ( $nM(SL)$ ) und der zweiten gefilterten Ist-  
Drehzahl ( $nM2(IST)$ ) eine zweite Regelabweichung ( $dR2$ ) be-  
rechnet wird und bei einer dynamischen Zustandsänderung  
aus der ersten ( $dR1$ ) und zweiten Regelabweichung ( $dR2$ )  
mittels des Drehzahl-Reglers (11) das leistungsbestimmen-  
25 de Signal ( $ve$ ) zur Drehzahl-Regelung der Brennkraftma-  
schine (2) berechnet wird.
2. Verfahren zur Drehzahl-Regelung einer Brennkraftmaschine  
(2) nach Anspruch 1,  
30 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass die dynamische Zustandsänderung über die zweite Regelabweichung ( $dR2$ ) erkannt wird.

3. Verfahren zur Drehzahl-Regelung einer Brennkraftmaschine  
5 (2) nach Anspruch 1,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass der Filterwinkel des zweiten Filters (13) kleiner  
als der Filterwinkel des ersten Filters (12) ist.
- 10 4. Verfahren zur Drehzahl-Regelung einer Brennkraftmaschine  
(2) nach Anspruch 2,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass die zweite Regelabweichung ( $dR2$ ) auf einen P-Anteil  
(15) des Drehzahl-Reglers (11) einwirkt.
- 15 5. Verfahren zur Drehzahl-Regelung einer Brennkraftmaschine  
(2) nach Anspruch 4,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass der P-Anteil (15) aus der ersten Regelabweichung  
20 ( $dR1$ ), einem ersten Faktor ( $kp1$ ) und einem zweiten Faktor  
( $kp2$ ) bestimmt wird, wobei der zweite Faktor ( $kp2$ ) mit-  
tels einer Kennlinie (14) aus der zweiten Regelabweichung  
( $dR2$ ) berechnet wird.
- 25 6. Verfahren zur Drehzahl-Regelung einer Brennkraftmaschine  
(2) nach Anspruch 5,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass der P-Anteil zusätzlich aus der zweiten Regelabwei-  
chung ( $dR2$ ) berechnet wird.
- 30 7. Verfahren zur Drehzahl-Regelung einer Brennkraftmaschine  
(2) nach einem der Ansprüche 5 oder 6,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass der erste Faktor ( $kp1$ ) entweder als Konstante vorge-  
35 geben wird oder in Abhängigkeit der ersten gefilterten  
Drehzahl ( $nM1(IST)$ ) und/oder eines I-Anteils ( $ve(I)$ ) be-  
rechnet wird.



8. Verfahren zur Drehzahl-Regelung einer Brennkraftmaschine  
(2) nach Anspruch 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die zweite Regelabweichung ( $dR2$ ) auf einen DT1-  
Anteil (17) des Drehzahl-Reglers (11) einwirkt.
9. Verfahren zur Drehzahl-Regelung einer Brennkraftmaschine  
(2) nach Anspruch 8,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der DT1-Anteil (17) aus der zweiten Regelabweichung  
( $dR2$ ) über eine Kennlinie (19) bestimmt wird.
10. Verfahren zur Drehzahl-Regelung einer Brennkraftmaschine  
(2) nach Anspruch 9,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass mittels der Kennlinie (19) der DT1-Anteil (17) deak-  
tiviert wird, wenn die zweite Regelabweichung ( $dR2$ ) klei-  
ner einem ersten Grenzwert ( $GW1$ ) wird ( $dR2 < GW1$ ) und der  
DT1-Anteil aktiviert wird, wenn die zweite Regelabwei-  
chung ( $dR2$ ) größer einem zweiten Grenzwert ( $GW2$ ) wird  
( $dR2 > GW2$ ).

25

30

35

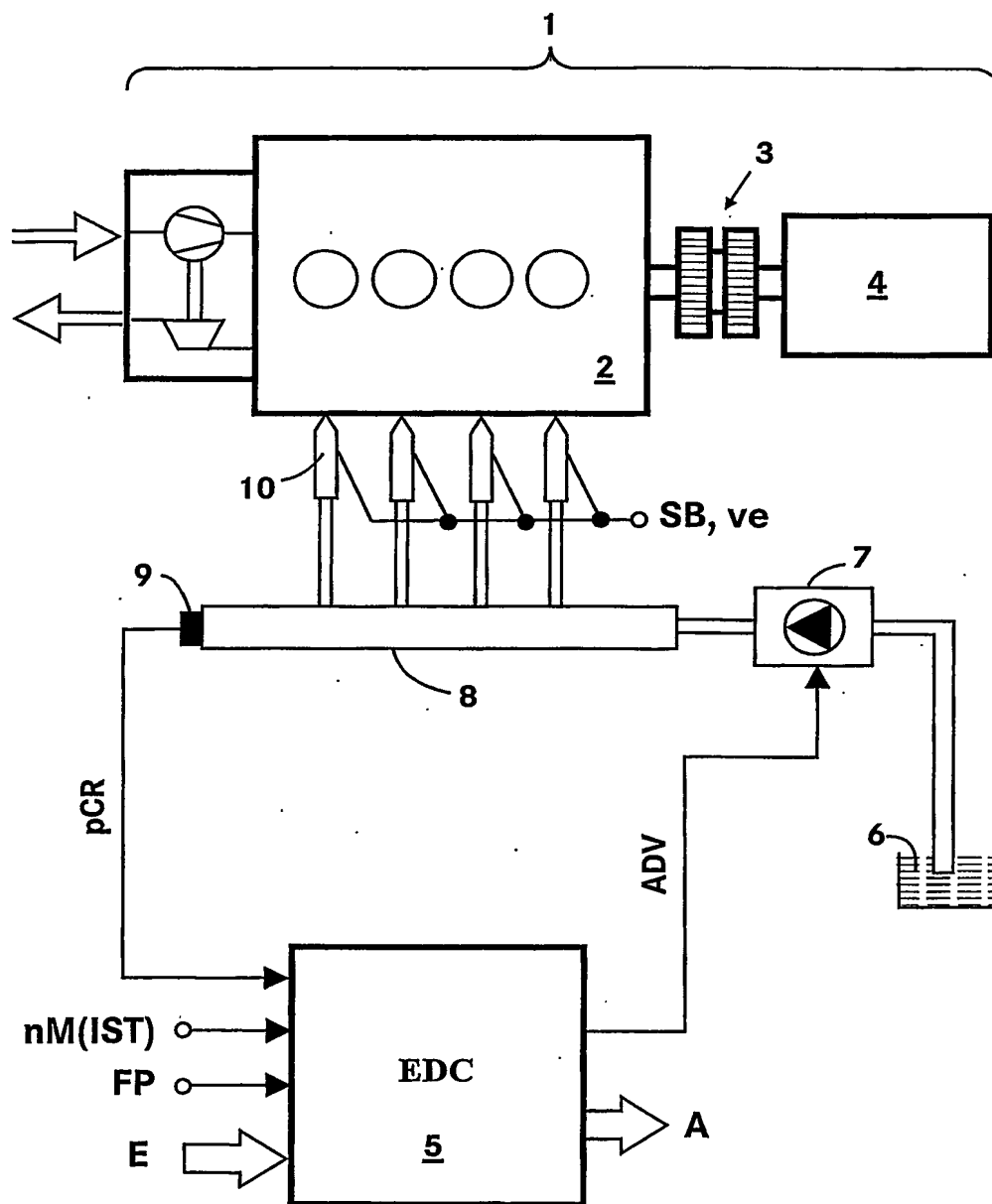


Fig. 1

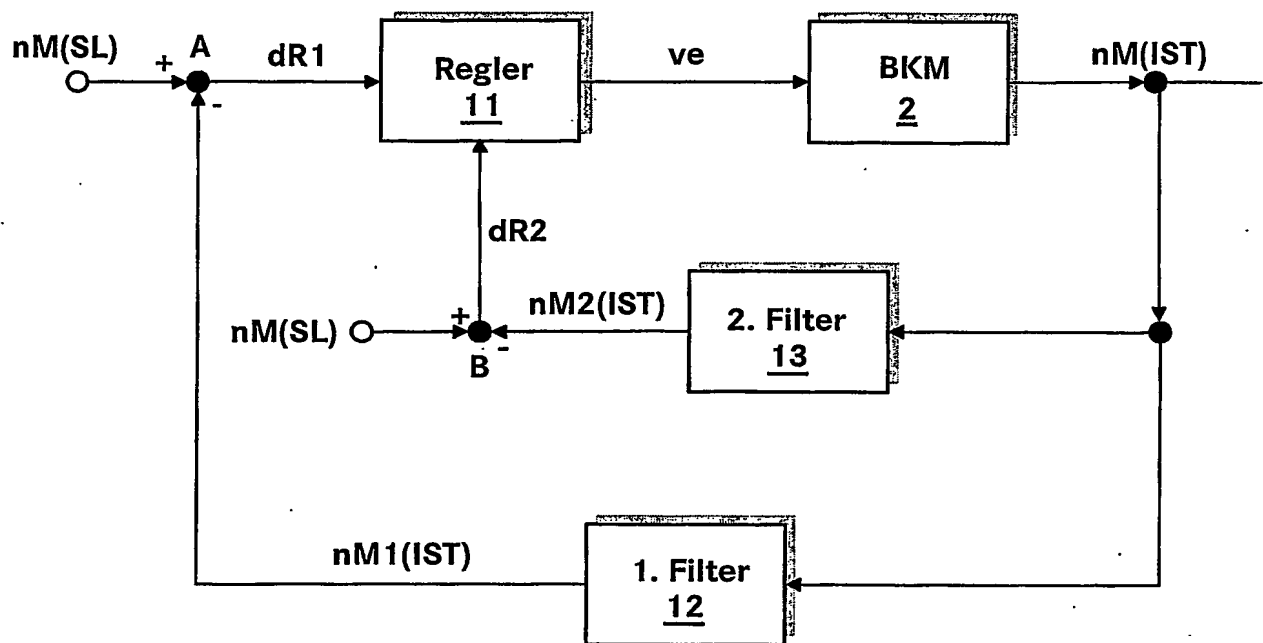


Fig. 2

3 / 4

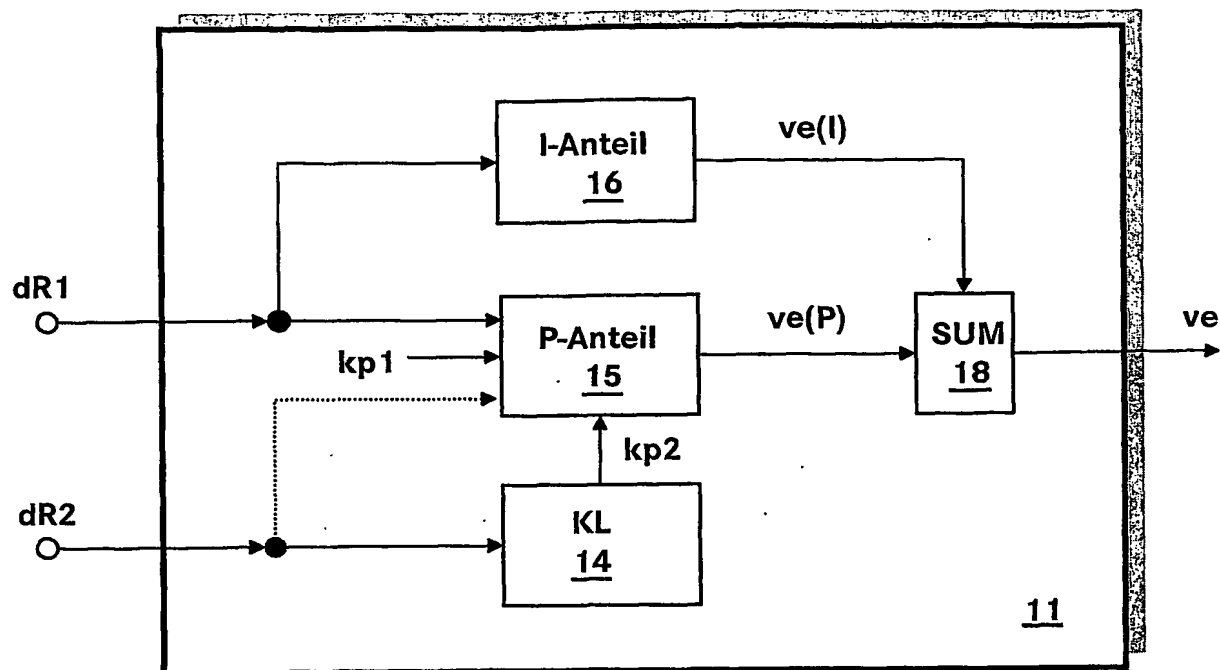


Fig. 3

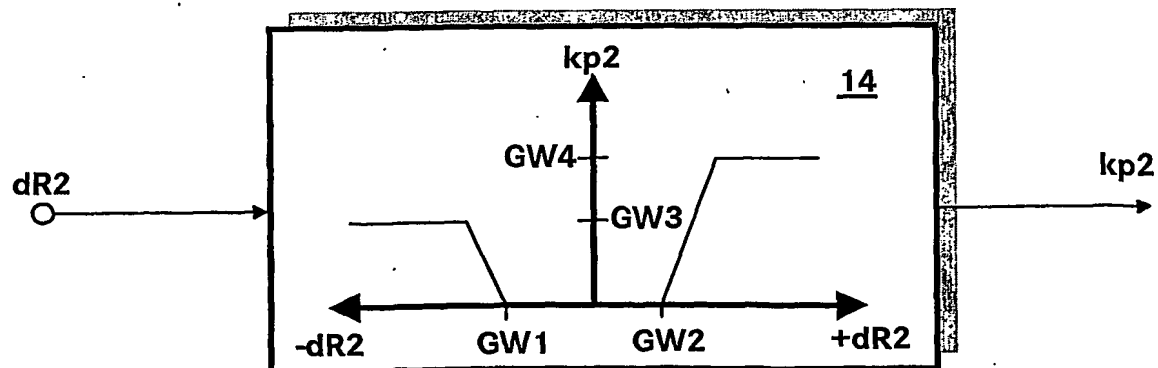


Fig. 4

4 / 4

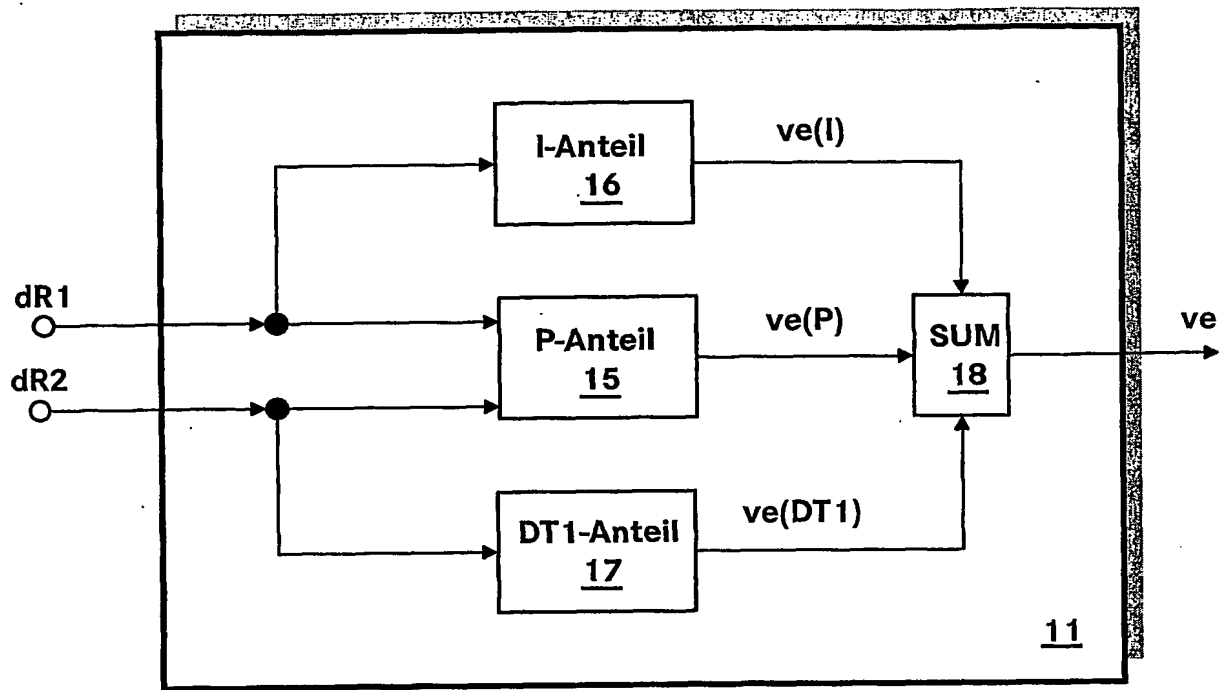


Fig. 5

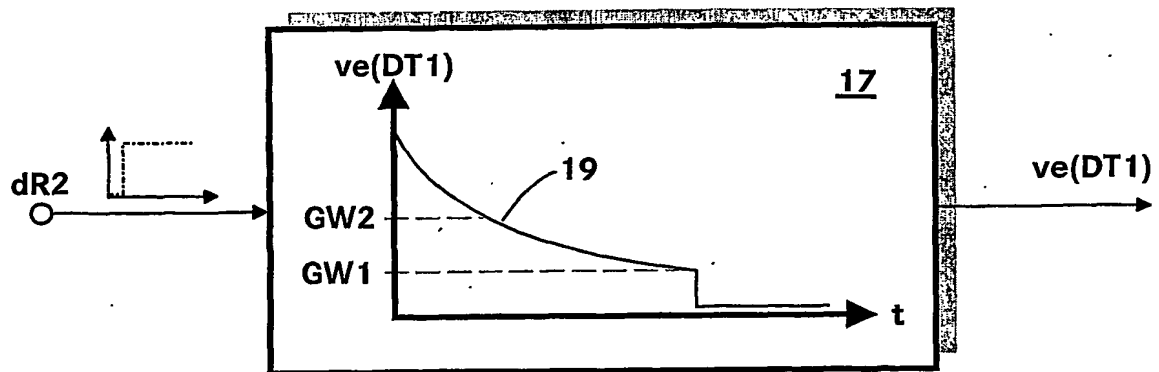


Fig. 6

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP 03/12786

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 F02D31/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F02D G05B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category *   | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages  | Relevant to claim No. |
|--------------|---|-----------------------|
| A            | DE 199 53 767 A (MOTOREN TURBINEN UNION)<br>23 May 2001 (2001-05-23)<br>abstract<br>column 3, line 12 - line 25<br>figure 2 | 1                     |
| A            | DE 101 22 517 C1 (MOTOREN TURBINEN UNION)<br>20 June 2002 (2002-06-20)<br>abstract<br>figures 1-4                           | 1                     |
| A            | DE 198 33 839 A (BOSCH GMBH ROBERT)<br>3 February 2000 (2000-02-03)<br>abstract<br>claims 1-5<br>figures                    | 1                     |
| -----<br>-/- |   |                       |

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

9 March 2004

Date of mailing of the international search report

16/03/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Trotureau, D

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Publication No.  
PCT/EP 03/12786

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No. |
|------------|--|-----------------------|
| A          | <p>US 4 715 339 A (YAMADA HAJIME ET AL)<br/> 29 December 1987 (1987-12-29)<br/> abstract<br/> figures 1-4<br/> column 8, line 43 - line 60</p> | 1                     |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Publication No  
PCT/EP 03/12786

| Patent document<br>cited in search report |    | Publication<br>date | Patent family<br>member(s) | Publication<br>date |
|---|----|---------------------|----------------------------|---------------------|
| DE 19953767                               | A  | 23-05-2001          | DE 19953767 A1             | 23-05-2001          |
|   |    |                     | WO 0134959 A1              | 17-05-2001          |
|   |    |                     | EP 1228300 A1              | 07-08-2002          |
| DE 10122517                               | C1 | 20-06-2002          | WO 02090998 A2             | 14-11-2002          |
|   |    |                     | EP 1386170 A2              | 04-02-2004          |
| DE 19833839                               | A  | 03-02-2000          | DE 19833839 A1             | 03-02-2000          |
| US 4715339                                | A  | 29-12-1987          | JP 1660713 C               | 21-04-1992          |
|   |    |                     | JP 3024581 B               | 03-04-1991          |
|   |    |                     | JP 61061946 A              | 29-03-1986          |
|   |    |                     | JP 1798773 C               | 12-11-1993          |
|   |    |                     | JP 5007729 B               | 29-01-1993          |
|   |    |                     | JP 61072317 A              | 14-04-1986          |
|   |    |                     | DE 3581256 D1              | 14-02-1991          |
|   |    |                     | DK 398385 A ,B,            | 02-03-1986          |
|   |    |                     | EP 0178058 A2              | 16-04-1986          |
|   |    |                     | KR 8901625 B1              | 11-05-1989          |
|   |    |                     | NO 853419 A                | 03-03-1986          |



## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 F02D31/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 F02D G05B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile                                       | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|--|--------------------|
| A          | DE 199 53 767 A (MOTOREN TURBINEN UNION)<br>23. Mai 2001 (2001-05-23)<br>Zusammenfassung<br>Spalte 3, Zeile 12 - Zeile 25<br>Abbildung 2 | 1                  |
| A          | DE 101 22 517 C1 (MOTOREN TURBINEN UNION)<br>20. Juni 2002 (2002-06-20)<br>Zusammenfassung<br>Abbildungen 1-4                            | 1                  |
| A          | DE 198 33 839 A (BOSCH GMBH ROBERT)<br>3. Februar 2000 (2000-02-03)<br>Zusammenfassung<br>Ansprüche 1-5<br>Abbildungen                   | 1                  |

-/--



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche

9. März 2004

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

16/03/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Trotureau, D

| C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN |  |                    |
|--|--|--------------------|
| Kategorie*   | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile   | Betr. Anspruch Nr. |
| A  | US 4 715 339 A (YAMADA HAJIME ET AL)<br>29. Dezember 1987 (1987-12-29)<br>Zusammenfassung<br>Abbildungen 1-4<br>Spalte 8, Zeile 43 - Zeile 60<br>----- | 1                  |

# INTERNATIONAL RECHERCHENBERICHT

Internat. Pat. Anzeichen

PCT/EP 03/12786

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| DE 19953767 A                                      | 23-05-2001                    | DE 19953767 A1                    | 23-05-2001                    |
|  |                               | WO 0134959 A1                     | 17-05-2001                    |
|  |                               | EP 1228300 A1                     | 07-08-2002                    |
| DE 10122517 C1                                     | 20-06-2002                    | WO 02090998 A2                    | 14-11-2002                    |
|  |                               | EP 1386170 A2                     | 04-02-2004                    |
| DE 19833839 A                                      | 03-02-2000                    | DE 19833839 A1                    | 03-02-2000                    |
| US 4715339 A                                       | 29-12-1987                    | JP 1660713 C                      | 21-04-1992                    |
|  |                               | JP 3024581 B                      | 03-04-1991                    |
|  |                               | JP 61061946 A                     | 29-03-1986                    |
|  |                               | JP 1798773 C                      | 12-11-1993                    |
|  |                               | JP 5007729 B                      | 29-01-1993                    |
|  |                               | JP 61072317 A                     | 14-04-1986                    |
|  |                               | DE 3581256 D1                     | 14-02-1991                    |
|  |                               | DK 398385 A ,B,                   | 02-03-1986                    |
|  |                               | EP 0178058 A2                     | 16-04-1986                    |
|  |                               | KR 8901625 B1                     | 11-05-1989                    |
|  |                               | NO 853419 A                       | 03-03-1986                    |